

AB

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-022258

(43)Date of publication of application : 21.01.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/068

(21)Application number : 10-191492

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 07.07.1998

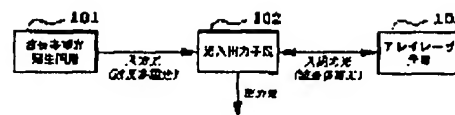
(72)Inventor : TEJIMA MITSUHIRO  
KOGA MASABUMI

## (54) WAVELENGTH STABILIZER FOR ARRAY LASER LIGHT SOURCE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wavelength stabilizer which controls the wavelength of an array laser light source highly accurately.

SOLUTION: A wavelength-multiplexed light generating circuit 101 generates a wavelength-multiplexed light comprising a plurality of multiplexed light previously stabilized highly accurately. Then, wavelength of an array laser light source 103 is synchronized with the wavelength of the wavelength-multiplexed light by injecting the wavelength-multiplexed light into the array laser light source 103 via light input/output means 102. The wavelength-multiplexed light or a plurality of single wavelength light is extracted from the array laser source via the light input/output means 102. A wavelength selecting element for selecting/outputting a plurality of or one wavelength light for the array laser light source may be provided. The wavelength-multiplexed light generating circuit may be composed of an optical comb frequency generator or a combination of a plurality of semiconductor lasers, a wavelength monitoring circuit and multiplexer means. The light input/output means may be composed of an optical circulator and an optical branch circuit or an optical multiplexer circuit. The array laser source may be composed of a integrated device of a plurality of the array semiconductor laser and the optical multiplexer circuit.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.08.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-22258

(P2000-22258A)

(43)公開日 平成12年1月21日(2000.1.21)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 S 5/068

識別記号

F I  
H 0 1 S 3/133

データベース(参考)  
5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平10-191492

(22)出願日 平成10年7月7日(1998.7.7)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 手島 光啓

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 古賀 正文

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74)代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外1名)

Fターム(参考) 5F073 AA64 AA65 AB06 AB25 AB28  
BA01 EA03 FA25 GA37

(54)【発明の名称】 アレイレーザ光源の波長安定化装置

(57)【要約】

【課題】 アレイレーザ光源の波長を高精度に制御する波長安定化装置の提供。

【解決手段】 波長多重光発生回路101はあらかじめ高精度に安定化させた複数の波長光を多重化した波長多重光を発生し、その波長多重光を光入出力手段102を介してアレイレーザ光源103へ注入することによって、アレイレーザ光源の波長を波長多重光の波長に同期させる。光入出力手段102を介してアレイレーザ光源から波長多重光ないしは複数の単一波長光を取り出す。アレイレーザ光源から複数ないしは一つの波長光を選択出力する波長選択素子を備えてよい。波長多重光発生回路を光周波数コム発生器、あるいは複数の半導体レーザと波長監視回路と合波手段によって構成してよい。光入出力手段を光サーキュレータおよび光分岐回路ないし光分波回路で構成してよい。アレイレーザ光源を複数のアレイ半導体レーザと光分波回路とを集積したデバイスで構成してよい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 あらかじめ高精度に安定化させた複数の波長光を多重化した波長多重光を発生する波長多重光発生手段と、

該波長多重光発生回路から発生した前記波長多重光をアレイレーザ光源へ注入することによって該アレイレーザ光源の波長を該波長多重光の波長に同期させる光入力手段と、

波長安定化された前記アレイレーザ光源から波長多重光でないしは複数の単一波長光を取り出す光出力手段とを有することを特徴とするアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 2】 前記光入力手段および前記光出力手段として光サーキュレータおよび光分岐回路ないし光分波回路を有し、

該光サーキュレータおよび光分岐回路ないし光分波回路を介して前記波長多重光発生手段から発生した前記波長多重光を前記アレイレーザ光源に注入することによって、該アレイレーザ光源の波長を該波長多重光のどれか一つの波長に同期させることを特徴とする請求項 1 に記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 3】 前記光入力手段として光分岐回路ないし光分波回路を有し、

前記アレイレーザ光源の光出力端面でない端面から該光分岐回路ないし光分波回路を介して前記波長多重光を注入することによって、該アレイレーザ光源の波長を該波長多重光のどれか一つの波長に同期させることを特徴とする請求項 1 に記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 4】 波長安定化された前記アレイレーザ光源の波長光は、前記光サーキュレータから出力されることを特徴とする請求項 2 に記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 5】 波長安定化された前記アレイレーザ光源の光出力端面から各波長光が出力されることを特徴とする請求項 3 に記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 6】 前記アレイレーザ光源が、複数のアレイ半導体レーザと光分岐回路ないし光分波回路とを集積したデバイスで構成されることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 7】 前記波長多重光発生手段が、複数の波長光を発生するための複数の半導体レーザと、該複数の半導体レーザから発生した複数の波長光を多重する合波手段と、

該合波手段から出力する波長多重光を分岐する分岐手段と、

該分岐手段で分岐された前記波長多重光と基準波長光との誤差量を基に前記複数の半導体レーザの波長を制御す

る波長監視手段とによって構成されることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 8】 前記波長多重光発生手段が、光周波数コム発生器によって構成されることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 9】 前記光周波数コム発生器は、所定の周波数間隔の光を出力するモード同期レーザと、該モード同期レーザのフリースペクトルレンジ周波数ないしはフリースペクトルレンジの分周または通倍周波数の信号を発生する信号源と、

該信号源から出力された信号を前記モード同期レーザの逆バイアス電圧に重畳して印加する手段と、

前記モード同期レーザのフリースペクトルレンジの通倍周波数に等しい基準光を出力する周波数安定化光源と、前記基準光を前記モード同期レーザに入力して注入同期させる手段とを備えたことを特徴とする請求項 8 に記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 10】 波長安定化された前記アレイレーザ光源から複数の波長ないしは一つの波長光を選択出力する波長選択素子を有することを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 11】 前記波長選択素子は、音響光学フィルタ、またはアレイ導波路格子であることを特徴とする請求項 10 に記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

【請求項 12】 前記波長選択素子は、光スイッチ、または光分波回路と該光スイッチとの組合わせであることを特徴とする請求項 10 に記載のアレイレーザ光源の波長安定化装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長分割型通話路を繋ぎ替える装置（波長多重通信交換機や中継機など）などに適用されるアレイレーザ光源の波長安定化装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】波長多重通信で使用される光源は、主に半導体レーザであるが、その発振波長は、エージングや温度変化によって変動する。そのため、複数の半導体レーザの波長を同時に、かつ正確に測定する装置が必要である。

【0003】波長多重光の各波長を監視する従来の波長監視装置は、一般に掃引型光フィルタ（例えば掃引型ファブリペロー干渉計）の透過中心波長を時間的に掃引し、波長誤差信号を時間領域に変換して波長弁別を行う構成になっている。また複数の異なる波長で発振している半導体レーザの出力光を波長多重して波長弁別を行なっている。

【0004】図 16 は、従来の波長監視装置の構成例を

10

20

30

40

50

示す(参考文献1:水落ほか,「2電極MQWDFB-LDを用いた622Mbit/s-16ch FDMコヒーレント光伝送システム」, 信学論(B-1), Vol. 1, J77-B-I, No. 5, pp. 294-303, 1994)。

【0005】図16において、基準波長光Rと波長多重光Mは、光カプラ671で多重されて掃引型ファブリペロー干渉計672に投入される。掃引型ファブリペロー干渉計672は、発振器675に同期した鋸波発生器76で発生する鋸波sa(図17(a))で掃引され、その透過中心波長に一致する波長の光が光検出器673に受光される。光検出器673の出力パルス sb(図17(b))は、微分器678でそのピーク位置が微分検出され(図17(c))、サンプリング回路679でそのピーク位置に対応するサンプリングパルス sd(図17(d))に変換される。このサンプリングパルスと発振器675の出力信号 se(図17(e))は同期検波器680に投入され、その出力がサンプルホールド回路681に投入される。鋸波saと発振器675の出力信号 seは同期しているので、サンプリングパルス sdで発振器675の出力信号 seの位相を検波し、サンプルホールド回路681でその検波出力を保持することにより誤差信号 sf(図17(f))を得ることができる。セレクタ674は、基準波長光Rおよび波長多重光Mの各波長と、掃引型ファブリペロー干渉計672の透過中心波長との相対波長誤差信号を順次切り替えて出力する。

【0006】基準波長光Rに対応する誤差信号は、加算器677で鋸波発生器676から出力される鋸波に加算して掃引型ファブリペロー干渉計672に印加され、基準波長光Rに対応する光検出器673の出力パルスの位置が鋸波のバイアス点になるように制御される。これにより、掃引型ファブリペロー干渉計672の透過中心波長を基準波長光Rの波長に安定化することができ、周辺温度の変動に対する温度補償機能をもたせることができる。

【0007】また、波長多重光Mの各波長に対応する誤差信号を波長多重光Mの各光源に負帰還し、その注入電流または温度を制御することにより波長多重光Mの波長安定化を図ることができる。

【0008】以上示した従来構成に用いられる掃引型ファブリペロー干渉計は、圧電素子によって共振器長を掃引する機構が必要であるものの、比較的簡単な光学回路で実現できる。また、掃引型ファブリペロー干渉計の透過中心波長および通過帯域幅を適宜選択することにより、所望の分解能で広範囲の波長変化を監視できる利点がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のような従来構成においては、掃引型ファブリペロー干渉計は圧電素子によって共振器長を掃引するため、図18に示

すように、圧電素子の電圧に対する変移量にヒステリシスを有するので、測定精度が限定される。言い替えれば、掃引型ファブリペロー干渉計は相対波長差を測定するためのものであって、絶対波長に対する精度は保証されていないかった。

【0010】本発明は、上述の点に鑑みてなされたもので、アレイレーザ光源の波長を高精度に制御するアレイレーザ光源の波長安定化装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明は、あらかじめ高精度に安定化させた複数の波長光を多重化した波長多重光を発生する波長多重光発生手段と、該波長多重光発生回路から発生した前記波長多重光をアレイレーザ光源へ注入することによって該アレイレーザ光源の波長を該波長多重光の波長に同期させる光入力手段と、波長安定化された前記アレイレーザ光源から波長多重光ないしは複数の単一波長光を取り出す光出力手段とを有することを特徴とする。

【0012】ここで、好ましくは、前記光入力手段および前記光出力手段として光サーキュレータおよび光分岐回路ないし光分波回路を有し、該光サーキュレータおよび光分岐回路ないし光分波回路を介して前記波長多重光発生手段から発生した前記波長多重光を前記アレイレーザ光源に注入することによって、該アレイレーザ光源の波長を該波長多重光のどれか一つの波長に同期させる。

【0013】また、好ましくは、前記光入力手段として光分岐回路ないし光分波回路を有し、前記アレイレーザ光源の光出力端面でない端面から該光分岐回路ないし光分波回路を介して前記波長多重光を注入することによって、該アレイレーザ光源の波長を該波長多重光のどれか一つの波長に同期させる。

【0014】また、好ましくは、波長安定化された前記アレイレーザ光源の波長光は、前記光サーキュレータから出力される。

【0015】また、好ましくは、波長安定化された前記アレイレーザ光源の光出力端面から各波長光が出力される。

【0016】また、好ましくは、前記アレイレーザ光源が、複数のアレイ半導体レーザと光分岐回路ないし光分波回路とを集積したデバイスで構成される。

【0017】また、好ましくは、前記波長多重光発生手段が、複数の波長光を発生するための複数の半導体レーザと、該複数の半導体レーザから発生した複数の波長光を多重する合波手段と、該合波手段から出力する波長多重光を分岐する分岐手段と、該分岐手段で分岐された前記波長多重光と基準波長光との誤差量を基に前記複数の半導体レーザの波長を制御する波長監視手段とによって構成される。

【0018】また、好ましくは、前記波長多重光発生手

段が、光周波数コム発生器によって構成される。

【0019】また、好ましくは、前記光周波数コム発生器は、所定の周波数間隔の光を出力するモード同期レーザと、該モード同期レーザのフリースペクトルレンジ周波数ないしフリースペクトルレンジの分周または逡倍周波数の信号を発生する信号源と、該信号源から出力された信号を前記モード同期レーザの逆バイアス電圧に重畳して印加する手段と、前記モード同期レーザのフリースペクトルレンジの逡倍周波数に等しい基準光を出力する周波数安定化光源と、前記基準光を前記モード同期レーザに投入して注入同期させる手段とを備えたものである。

【0020】また、好ましくは、波長安定化された前記アレイレーザ光源から複数ないし一つの波長光を選択出力する波長選択素子を有する。

【0021】また、好ましくは、前記波長選択素子は、音響光学フィルタ、またはアレイ導波路格子である。

【0022】また、好ましくは、前記波長選択素子は、光スイッチ、または光分波回路と該光スイッチとの組合わせである。

【0023】本発明では、波長多重光発生手段であらかじめ高確度に安定化した波長多重光を光入力手段を介してアレイレーザ光源へ注入することによって、アレイレーザ光源の波長を波長多重光の波長に同期させ、光出力手段によって波長多重光ないしは複数の単一波長光を取り出すようにしているので、光パス網の規定波長に波長制御することができ、また、アレイレーザ光源の波長安定化は波長多重光入力の安定化だけで済み、電気的制御回路は不要となり、簡単な構成でアレイレーザ光源の波長を高確度に制御することができる。

【0024】また、本発明では、波長多重光発生手段として複数の半導体レーザの出力波長を多重し、その一部を波長監視回路に入力し、波長監視回路は規定波長からの誤差量を半導体レーザに負帰還して波長制御を行なうことで、光クロスコネクタなどの装置内において制御回路の経済化が図れ、小型化が可能となる。

【0025】また、本発明では、波長多重発生手段を光周波数コム発生器で構成することで、さらに小型化することが可能となり、波長多重発生回路の経済化が図れる。

【0026】また、本発明では、波長安定化されたアレイレーザ光源から波長選択素子を介して複数ないし一つの波長光のみを選択出力することで、規定波長のうち任意の波長数の光を得ることができ、所望の波長光が運用状態により変化するシステムに対しても対応が可能となる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0028】（第1の実施の形態）図1は、本発明の第

1の実施の形態におけるアレイレーザ光源の波長安定化装置の概略構成を示す。図1において、波長多重光発生回路101は複数の波長光を多重してあらかじめ高確度に安定化した波長多重光を発生する。波長多重光発生回路101から出射するあらかじめ高確度に安定化した波長多重光は、光注入手段としての光入出力手段102を介してアレイレーザ光源103に注入される。

【0029】アレイレーザ光源103としてDFB（分布帰還）半導体レーザ（DFB-LD）を複数集積化したDFB-LDアレイを例にあげる。DFB-LDの波長特性は温度/注入電流により若干波長変化（約10GHz/℃、約1GHz/mA）する。

【0030】波長安定化時には、温度/注入電流をおおむね規定波長の近傍になるような値に設定する。この時、規定波長に設定されている波長多重光をアレイレーザ光源103であるDFB半導体レーザに注入しておくと、波長多重光のうちの一つの波長と半導体レーザの波長差が引き込み幅（波長多重光の波長間隔にくらべ小さい）内に入ると、注入同期現象により、DFB半導体レーザの発振波長は、注入波長多重光の一つの波長（光注入がなされる前に発振していた波長に近い波長多重光のひとつ）に同期する。光入出力手段102によってその同期した波長多重光ないしは複数の単一波長光を取り出す。

【0031】このように、本実施の形態では、あらかじめ高確度に安定化した波長多重光をアレイレーザ光源103へ注入することによって、アレイレーザ光源103の波長を波長多重光の波長に同期させ、光入出力手段102によって波長多重光ないしは複数の単一波長光を取り出す。このため、アレイレーザ光源103の波長安定化は波長多重光入力の安定化だけで済み、電気的制御回路は不要となり、簡単な構成でアレイレーザ光源の波長を高確度に制御することができる。

【0032】（第2の実施の形態）図2は本発明の第2の実施の形態におけるアレイレーザ光源の波長安定化装置の概略構成を示す。本実施の形態では、上記光入出力手段102として、光サーキュレータ104および光分岐回路ないし光分波回路105を用いている。光分岐回路としては光スプリッタなどが使用でき、光分波回路としては回折格子、アレイ導波路格子などが使用できる。

【0033】波長多重光発生回路101から発生した波長多重光を、サーキュレータ104および光分岐回路ないし光分波回路105を介してアレイレーザ光源103にその光源の出力端面から注入することで、アレイレーザ光源103の波長を波長多重光のどれか一つの波長に同期させ、その同期した波長をサーキュレータ104から出力する。

【0034】（第3の実施の形態）図3は本発明の第3の実施の形態におけるアレイレーザ光源の波長安定化装置の概略構成を示す。本実施の形態では、波長多重光の

上記注入手段として光分岐回路ないし光分波回路105を用いている。

【0035】波長多重光発生回路101から発生した波長多重光を、光分岐回路ないし光分波回路105を介してアレイレーザ光源103にその光源の出力端面でない端面から注入することで、アレイレーザ光源103の波長を波長多重光のどれか一つの波長に同期させ、その同期した波長をアレイレーザ光源103の他方の端面から出力する。

【0036】105として光分岐回路を使用する場合10は、アレイレーザ光源103としては、フィルタ特性を有するレーザ、例えばDFB-LD、DBR（分布ブラック反射）-LDを用いるのが好ましい。

【0037】（第4の実施の形態）図4は、本発明の第4の実施例を示す構成図であり、図5はその出力特性を示す。本実施の形態は、図1～図3に示すアレイレーザ光源103が、複数の半導体レーザと光分波回路とが集積されたデバイスで構成された、アレイ型半導体レーザ【参考文献2】である場合の構成例を示す。他の構成部分は図1～図3と同様なのでその説明と図示は省略する。20

【0038】【参考文献2】R. Monnard, M. Zirngibl, C. R. Doerr, C. H. Joyner, and L. W. Stulz, "Demonstration of an eight-wavelength fast packet switching transmitter of 2.5 - Gb/s bit stream," IEEE Photonic s Tech. Lett., vol. 10, no. 3, pp. 430-431, 1998.

図4において、120は光ファイバ、121は入射端面、122は光増幅器、123は自由空間領域（スラブ導波路）、124は導波路格子、125は自由空間領域（スラブ導波路）、126は光増幅器、および127は30 出射端面である。

【0039】このアレイ型半導体レーザは、光分波回路123～125に半導体光増幅器を集積した構成であり、入射端面121と出射端面127の反射器による共振器構造と利得媒質としての半導体光増幅器122、126によるレーザ構成のものである。光ファイバ120から導入されたレーザ光が、両端面の反射器間で反射を繰り返す共振現象により、図5に示すような、8チャンネルの線スペクトルを有する波長多重光が出射端面127から取り出される。その動作原理は図1～図3に記載したアレイレーザ光源103と同様である。また、装置全体の動作も上述した第1～第3実施形態と同様である。40

【0040】（第5の実施の形態）図6、図7および図8は、本発明の第5の実施の形態を示す構成図である。本実施形態は、図1、図2、および図3に示した波長多重発生回路101を、複数の半導体レーザ210と波長監視回路240と合波手段220と分岐手段230とによって構成した場合を例示する。なお、他の構成部分は図1～図3と同様なので、その説明と図示は省略する。50

また、装置全体の動作も上述した第1～第3実施形態と同様であるので、その説明は省略する。

【0041】図6に示すように、複数の半導体レーザ（波長安定化光源）210の出力波長を光合波器220で多重し、その一部をカプラ230を介して波長監視回路240に入力する。波長監視回路240は規定波長からの誤差量を波長制御回路250によって半導体レーザ210に負帰還することで波長制御を行なう。このように、複数の半導体レーザ210の出力を波長監視回路240によって波長制御した波長多重光源を波長多重光として用いるようにし、この波長多重光源を光クロスコネクタ装置（図示しない）などにつけ配し、複数のアレイレーザ光源に分配することで小型化が可能となる。

【0042】更に詳述すると、図6に示す波長監視回路240は、後述のアレイ導波路格子（AWG）242、後述の温度制御回路246および光電変換・増幅回路248等を有する。光電変換・増幅回路248は、例えばフォトダイオード（PD）と対数増幅器（Log. Amp）からなる。波長制御回路250は規定波長からの誤差量を得るための位相比較回路252、帰還路フィルタ（フィードバックフィルタ）254、デジタルアナログ（D/A）変換器256およびパーソナルコンピュータ258等からなる。なお、D/A変換器256はデジタル制御の場合に挿入するものであって、波長制御回路250をアナログ制御で構成する場合はD/A変換器256は必要ない。

【0043】波長安定化光源210を構成する複数の半導体レーザから出力する複数の波長光を、光合波器220で多重し、その多重光の一部をカプラ230を介して波長監視回路240に入力する。波長監視回路240は規定波長からの誤差量を波長制御回路250によって波長安定化光源210の半導体レーザに負帰還することで波長制御を行う。

【0044】図7および図8は、図6のアレイ導波路格子242および温度制御回路246の内容を詳細に示したものである。

【0045】まず、図7において、基準光源244からの基準波長光（波長 $\lambda_0$ ）とカプラ230からの監視対象の波長多重光（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ ）は、波長監視回路242内の光カプラ211で多重されて、アレイ導波路格子242の所定の入力導波路に入力される。アレイ導波路格子242は、基板231上に形成した入力用導波路アレイ232、入力側コンケイブスラブ導波路233、導波路長差 $\Delta L$ で順次長くなる複数本の導波路からなるアレイ導波路234、出力側コンケイブスラブ導波路235、出力用導波路アレイ236を順次接続した構成である。本例では、アレイ導波路234にヒータ213が取り付けられる。発振器214から出力される参照信号Saは電流回路215に入力され、ヒータ213の温度を制御する。

【0046】アレイ導波路格子242の出力導波路#0～#nには、光電変換・増幅回路248を構成する光検出器216-0, 216-i (iは1～n)が接続される(図8(A))。これら光検出器216-0, 216-iの出力は、それぞれ光電変換・増幅回路248を構成する増幅器217-0, 217-1介して位相比較器252-0, 252-iに接続される。位相比較器252-0, 252-iには、発振器214から出力される参照信号S<sub>a</sub>が入力され、その出力はそれぞれローパスフィルタ(LPF)254-0, 254-iに入力される。ローパスフィルタ254-0の出力は積分器260-0に入力される。積分器260-0の出力には温度制御回路246が接続される。温度制御回路246は、アレイ導波路格子242の温度を調整するペルチェウラ(ペルチェ素子)222を制御する。なお、位相比較器252-0、ローパスフィルタ254-0、積分器260-0は図6に示すようにパーソナルコンピュータ258に置き換えることができる。

【0047】(第6の実施の形態)図9、図10は、本発明の第6の実施の形態を示す構成図である。本実施の形態は、図1、図2、および図3に示した波長多重発生回路101を光周波数コム発生器で構成した場合を例示する。本例は上述の第5の実施の形態の場合に比べ、さらに小型化することが可能となる。なお、他の構成部分は図1～図3と同様なので、その説明と図示は省略する。また、装置全体の動作も上述した第1～第3実施形態と同様であるので、その説明は省略する。

【0048】図9は光周波数コム発生器の構成を示す。この光周波数コム発生器は、シンセサイザ352、増幅器353、バイアススティ354、モード同期レーザ351、およびモード同期レーザ351のフリースペクトルレンジの通倍周波数の光周波数を有する基準光を出力する周波数安定化光源311とを備え、その基準光f<sub>s</sub>を光減衰器312および光サーキュレータ313を介してモード同期レーザ351に入力し、注入同期させる構成のものである。なお、光減衰器312は基準光が注入同期に必要な光パワーになるように調整するためのものであり、周波数安定化光源311が適切な光パワーを有していれば光減衰器312は省いても良い。

【0049】上記の周波数安定化光源311の内部構成例を図10に示す。図10において、半導体レーザ321は、周波数安定化光源311の出力となる周波数f<sub>s</sub>の基準光を出力する。半導体レーザ322は、ガスセル323、光検出器324、および制御回路325により制御され、分子または原子の吸収線に周波数安定化された周波数f<sub>m</sub>の絶対周波数基準光を出力する。この周波数f<sub>s</sub>の基準光と周波数f<sub>m</sub>の絶対周波数基準光は、合波器326で合波され、光検出器327で電気信号に変換される。この時、両者の差周波数|f<sub>m</sub>-f<sub>s</sub>|がビート信号として検出される。

【0050】一方、信号源328は、絶対周波数f<sub>m</sub>とモード同期レーザのフリースペクトルレンジの通倍周波数f<sub>s</sub>'の差周波数f<sub>0</sub>=|f<sub>m</sub>-f<sub>s</sub>'|の周波数信号を発生する。

【0051】周波数/位相比較器329は、光検出器327で検出された周波数|f<sub>m</sub>-f<sub>s</sub>|の信号と、信号源328から出力される周波数f<sub>0</sub>の信号の周波数|f<sub>m</sub>-f<sub>s</sub>'|の信号の周波数差および位相を比較し、信号誤差(|f<sub>m</sub>-f<sub>s</sub>'|-f<sub>0</sub>)を出力する。制御回路330は、この誤差信号を半導体レーザ321の駆動回路に負帰還し、この誤差信号がゼロになるように、すなわち、半導体レーザ321の周波数f<sub>s</sub>がモード同期レーザのフリースペクトルレンジの整数倍(f<sub>s</sub>')になるように制御する。

【0052】このような構成で、フリースペクトルレンジの整数倍でスペクトル純度の高い基準光をモード同期レーザ351に入力することにより、モード同期レーザ351の1つの発振モードは基準光の周波数に引き込まれて安定化され(注入同期)、また他のモードも(基準光を含む)厳密な周波数に安定化される。

【0053】以上のような構成で得られる出力光スペクトルは、図11に示すように、変調周波数の通倍周波数あるいは共振器のフリースペクトルレンジ周波数間隔に線スペクトルが立っているスペクトル形状である。なお、図11は注入同期時の光スペクトルを測定したものであり、注入同期する基準光の周波数は193.100THz、光パワーは-26dBmである。

【0054】このように、基準光で注入同期させたモード同期レーザ351は、基準光の周波数を含むフリースペクトルレンジ間隔のコムを発生し、特に広い範囲にわたって比較的平坦な光スペクトルを発生することができる。

【0055】(第7の実施の形態)図12、図13、図14および図15は、本発明の第7の実施の形態を示す構成図である。

【0056】本実施の形態は、上述した本発明の第1の実施形態から第6の実施形態に示した構成において、波長安定化されたアレイレーザ光源103から波長選択素子(たとえば音響光学フィルタ、アレイ導波路格子など)を介して複数ないしは一つの波長光のみを選択出力する構成を例示する。

【0057】例えば図12および図13に示すように、波長選択素子106は、出力光(波長多重光ないしは各波長光が複数本数)に対して、配置される。即ち、図12の場合であると、波長選択素子106は光サーキュレータ104出力光である波長多重光に対して配置され、波長選択素子106により波長多重光から複数ないしは一つの波長光を選択して出力光として出力する。

【0058】また、図13の場合であると、波長選択素子106はアレイレーザ光源103から出力する各波長



光出力に対して配置され、波長選択素子 106 により各波長光出力から複数ないしは一つの波長光を選択して出力光として出力する。

【0059】波長選択素子 106 の機能として、例えば音響光学フィルタを用いる場合には、波長多重光の一つまたは複数の波長光を取り出すことが可能である。

【0060】さらに、音響光学フィルタ以外の実施形態を図 14、図 15 に示す。図 14 は波長多重光を光分波回路 107 を用いて各波長光に分波し、この各波長光から光スイッチ 108 のよって一つまたは複数の波長光を取り出す構成を示す。光スイッチ 108 としては、アレ

イ導波路格子、バルク形電子式スイッチ、平面導波路形電子式スイッチなどを利用できる。

【0061】図 15 は複数の各波長光出力に対して光スイッチ 108 を配備し、光スイッチ 108 により一つまたは複数の波長光を取り出す構成を示す。

【0062】このように、アレイレーザ光源 103 の安定化手法により波長安定化した波長光の中から、複数ないしは一つの波長光を選択する機能を備えることで、所望の波長光が運用状態により変化するシステムに対しても対応が可能となる。

【0063】なお、装置全体の動作は、上述した第 1 ～ 第 3 実施形態と同様であるので、その説明は省略する。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、次の効果が得られる。

【0065】(1) 波長多重光発生手段であらかじめ高精度に安定化した波長多重光を光入力手段を介してアレイレーザ光源へ注入することによって、アレイレーザ光源の波長を波長多重光の波長に同期させ、光出力手段によって波長多重光ないしは複数の単一波長光を取り出すようにしているので、光パス網の規定波長に波長制御することができる。また、アレイレーザ光源の波長安定化は波長多重光入力の安定化だけで済み、電氣的制御回路は不要となり、簡単な構成でアレイレーザ光源の波長を高精度に制御することができる。

【0066】(2) 波長多重光発生手段として複数の半導体レーザの出力波長を多重し、その一部を波長監視回路に入力し、波長監視回路は規定波長からの誤差量を半導体レーザに負帰還して波長制御を行なうことで、光クロスコネクタなどの装置内において制御回路の経済化が図れ、小型化が可能となる。

【0067】(3) 波長多重発生手段を光周波数コム発生器で構成することで、さらに小型化することが可能となり、波長多重発生回路の経済化が図れる。

【0068】(4) 波長安定化されたアレイレーザ光源から波長選択素子を介して複数ないしは一つの波長光のみを選択出力することで、規定波長のうち任意の波長数の光を得ることができ、所望の波長光が運用状態により変化するシステムに対しても対応が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態におけるアレイレーザ光源の波長安定化装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施の形態におけるアレイレーザ光源の波長安定化装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施の形態におけるアレイレーザ光源の波長安定化装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 4】本発明の第 4 の実施の形態における複数の半導体レーザと光分波回路とが集積されたデバイスでアレイレーザ光源が構成されたアレイ型半導体レーザの構成例を示す模式図である。

【図 5】図 4 のアレイ型半導体レーザの出力特性を示すグラフである。

【図 6】本発明の第 5 の実施の形態における複数の半導体レーザと波長監視回路と合波手段とによって波長多重発生回路を構成した場合の波長多重光供給モジュールの構成例を示すブロック図である。

【図 7】図 6 の波長監視回路の詳細な構成例を示すブロック図である。

【図 8】(A) は、図 7 の要部の構成を示す図、(B) は、図 7 の変形例の要部の構成を示す図である。

【図 9】本発明の第 6 の実施の形態における波長多重発生回路を光周波数コム発生器で構成した場合の光周波数コム発生器の構成例を示すブロック図である。

【図 10】図 9 の光周波数コム発生器に用いる周波数安定化光源の構成例を示すブロック図である。

【図 11】図 9 の光周波数コム発生器の光スペクトルの測定結果を示すグラフである。

【図 12】本発明の第 7 の実施の形態における波長選択素子を用いた波長安定化装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 13】本発明の第 7 の実施の形態における波長選択素子を用いた波長安定化装置の構成の他の例を示すブロック図である。

【図 14】本発明の第 7 の実施の形態における波長選択素子として光スイッチを用いた構成の一例を示すブロック図である。

【図 15】本発明の第 7 の実施の形態における波長選択素子として光スイッチを用いた構成の他の例を示すブロック図である。

【図 16】従来の波長監視装置の構成例を示すブロック図である。

【図 17】従来の波長監視装置の動作を示す波形図である。

【図 18】圧電素子の電圧に対する変移量にヒステリシス特性を有することを示すグラフである。

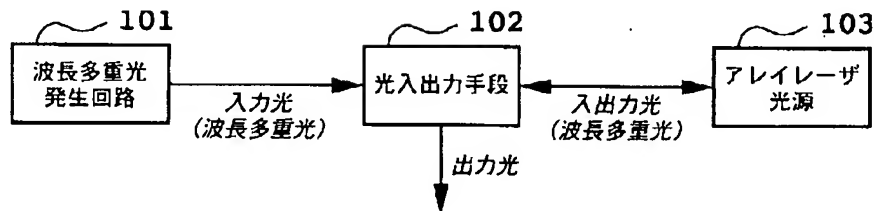
【符号の説明】



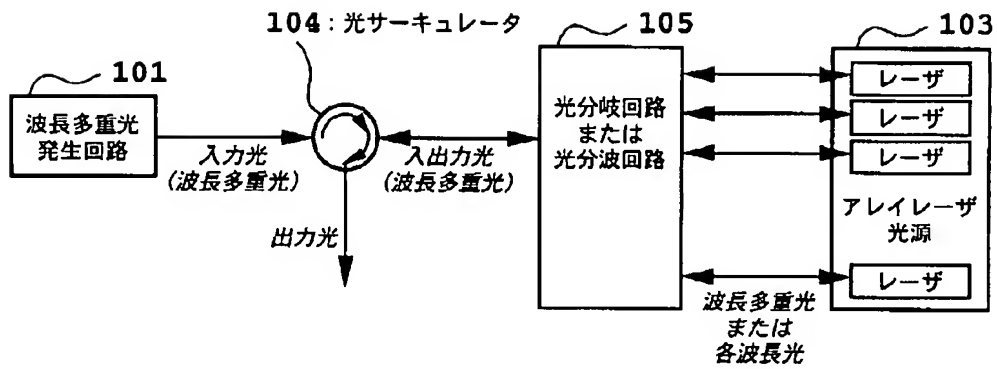
101 波長多重光発生回路  
 102 光入出力手段  
 103 アレイレーザ光源  
 104 光サーキュレータ  
 105 光分岐回路または光分波回路  
 106 波長選択素子  
 107 光分波回路  
 108 光スイッチ  
 121 入射端面  
 122 光増幅器  
 123 自由空間領域（スラブ導波路）  
 124 導波路格子  
 125 自由空間領域（スラブ導波路）  
 126 光増幅器  
 127 出射端面  
 210 波長安定化光源（複数の半導体レーザ）  
 211 光カプラ  
 213 ヒータ  
 214 発振器  
 215 電流回路  
 216-0, 216-i 光検出器  
 217-0, 217-1 増幅器  
 220 光合波器  
 222 ペルチェクーラ（ペルチェ素子）  
 223 光スイッチ  
 230 カプラ  
 231 基板  
 232 入力用導波路アレイ  
 233 入力側コンケイブスラブ導波路  
 234 アレイ導波路

\*235 出力側コンケイブスラブ導波路  
 236 出力用導波路アレイ  
 240 波長監視回路  
 242 アレイ導波路格子（AWG）  
 243 アレイ導波路  
 246 温度制御回路  
 248 光電変換・増幅回路  
 250 波長制御回路  
 252、252-0, 252-i 位相比較器  
 10 254 帰還路フィルタ  
 254-0, 254-i ローパスフィルタ  
 256 デジタルアナログ（D/A）変換器  
 258 パーソナルコンピュータ  
 260-0 積分器  
 311 周波数安定化光源  
 312 光減衰器  
 321 半導体レーザ  
 322 半導体レーザ  
 323 ガスセル  
 20 325 制御回路  
 326 合波器  
 327 光検出器  
 328 信号源  
 329 周波数／位相比較器  
 324 光検出器  
 330 制御回路  
 351 モード同期レーザ  
 352 シンセサイザ  
 353 増幅器  
 \*30 354 バイアスティ

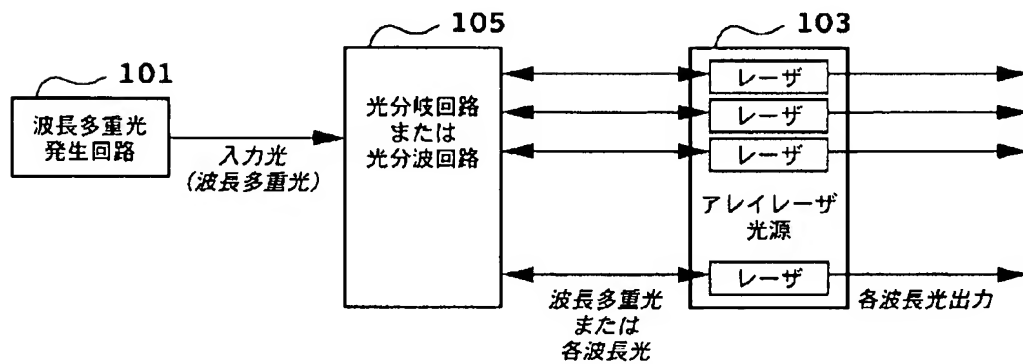
【図1】



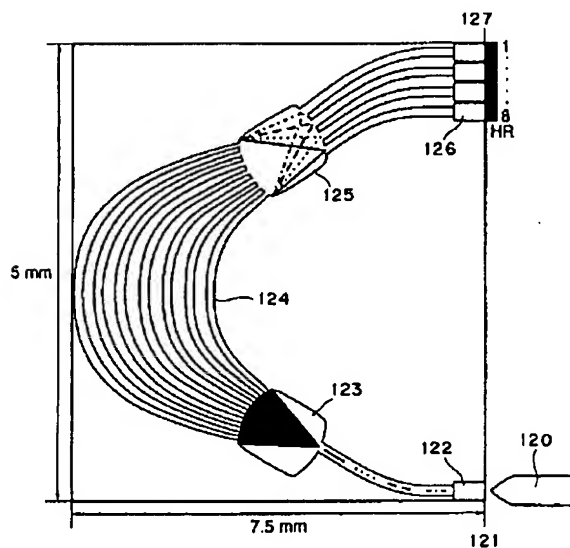
【図2】



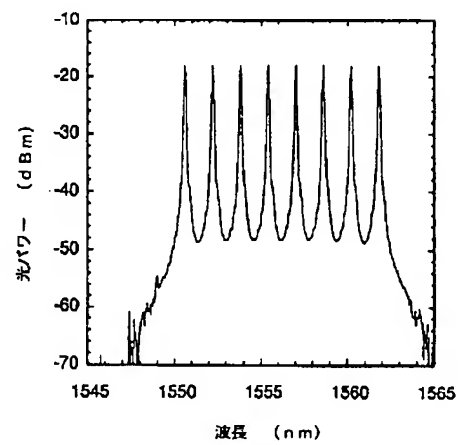
【図3】



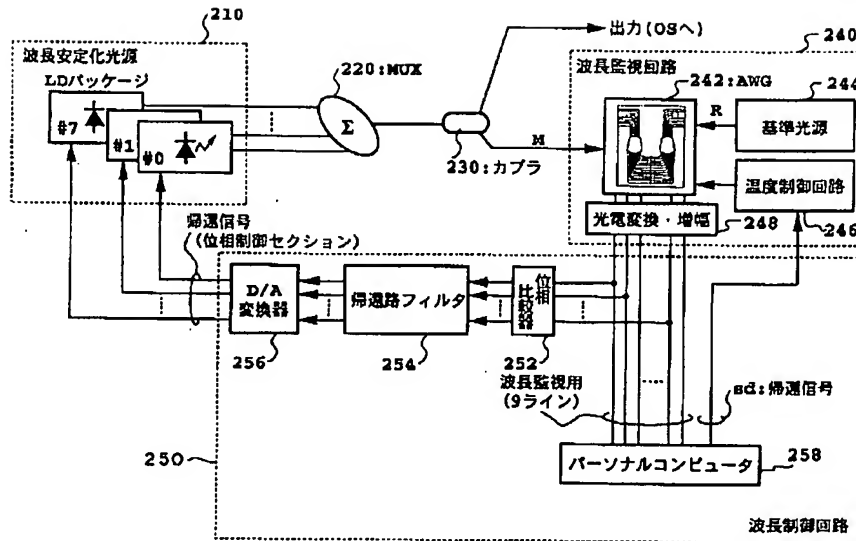
【図4】



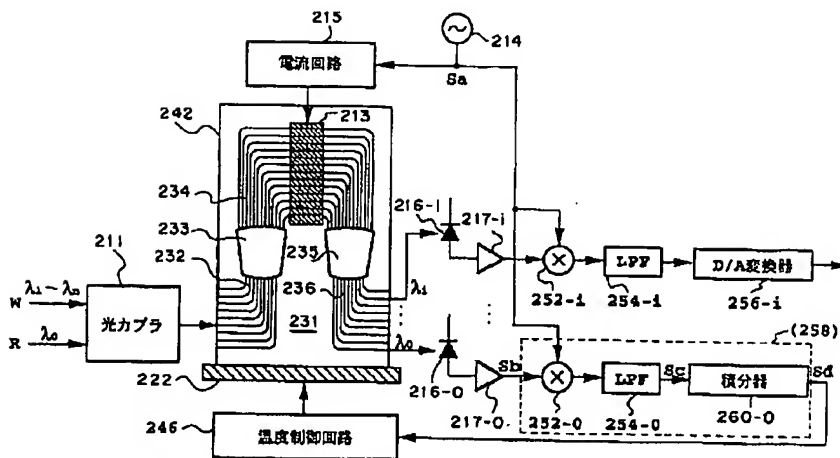
【図5】



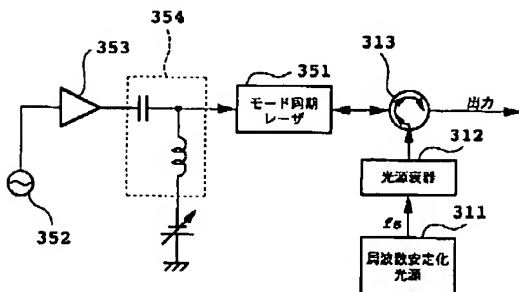
【図 6】



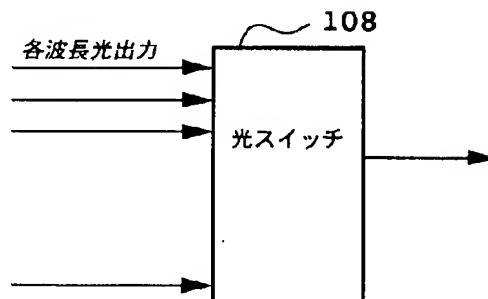
【図7】



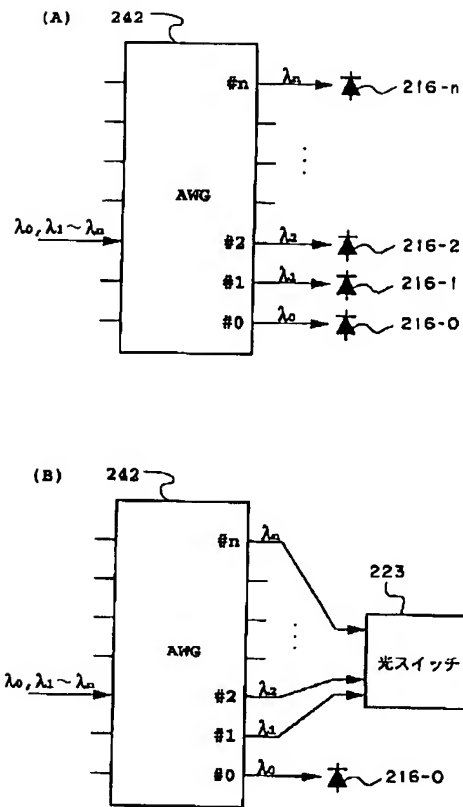
【図9】



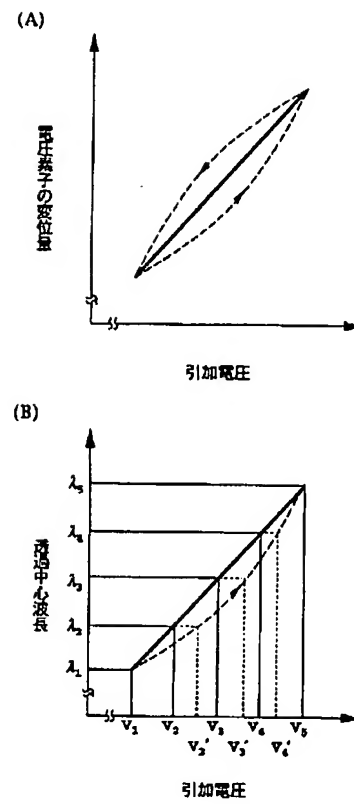
【图 15】



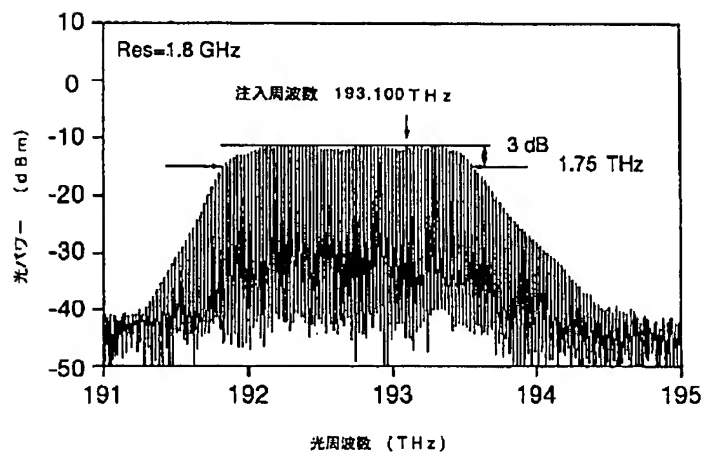
【図8】



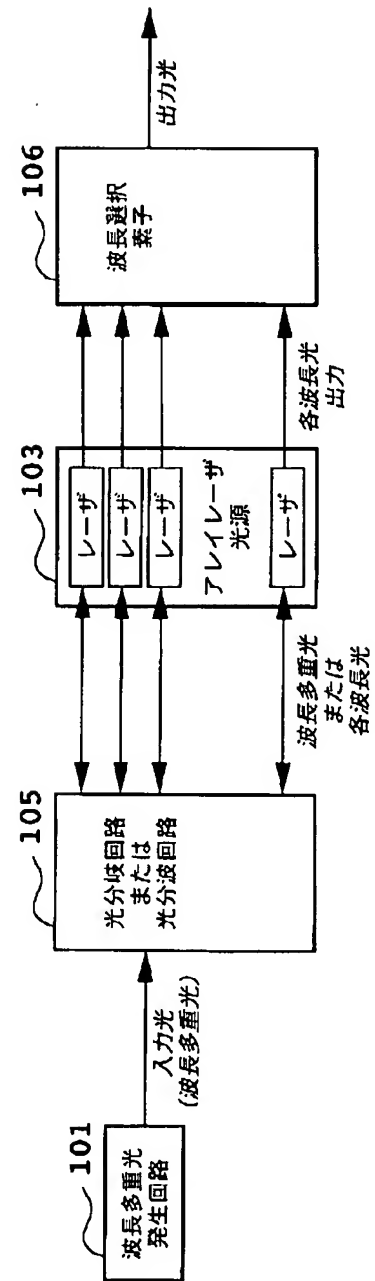
【図18】



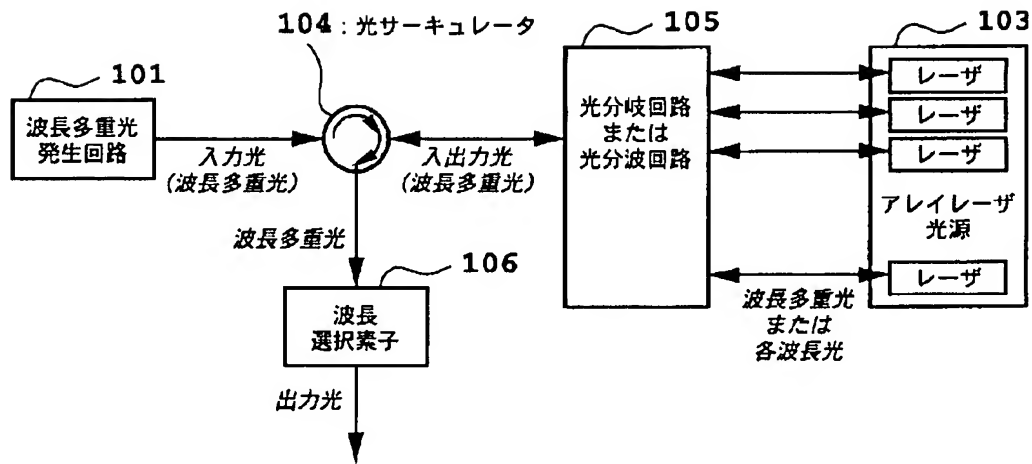
【図11】



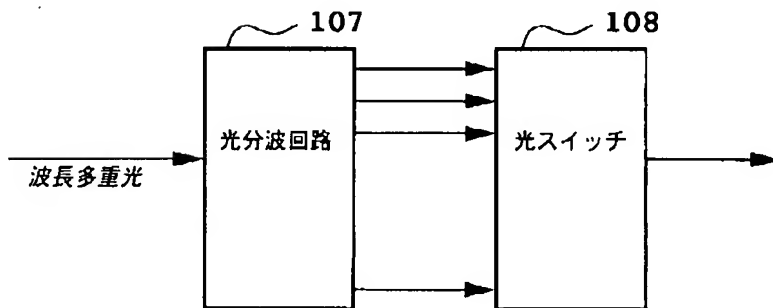
【図 13】



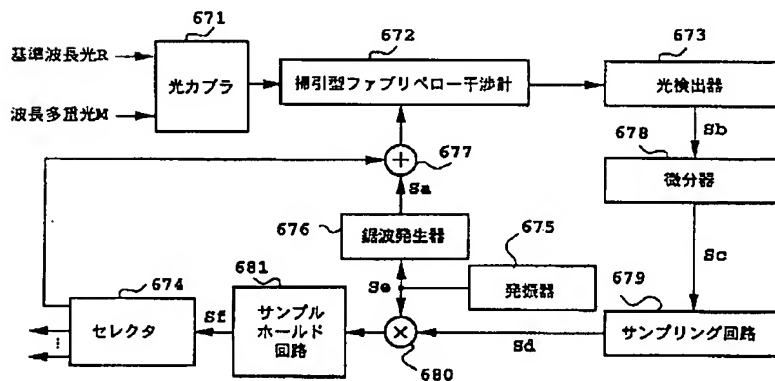
【図12】



【図14】



【図16】



【図17】

